

Вып. 25. – С. 12-16. **5. Кирьяков А.М., Попова В.А., Шнеерсон Г.А.** Расчет напряженности поля вблизи кромки электрода в неоднородной среде // Изв. АН СССР Сер. Энергетика и транспорт. – 1978. – № 5. – С. 108-114. **6. Титов М.Н.** Исследование методом конформных отображений электрического поля конденсатора с неоднородным диэлектриком // Электричество. – 1982. – № 9. – С. 57-59. **7. Колечицкий Е.С., Плис А.И., Шульгин В.К.** Регулирование электрических полей в бумажно-масляной изоляции с конденсаторными обкладками. Ч. 2 // Электричество. – 1996. – № 3. – С. 23-28. **8. Набока Б.Г.** Расчеты электростатических полей в электроизоляционной технике. – К.: ИСЮ, 1995. – 120 с. **9. Рудаков В.В., Конотоп В.В., Пенцов В.М.** Краевой эффект в конструкции конденсаторного типа с неоднородным диэлектриком // Электропромышленность. Сер. Аппараты высокого напряжения, трансформаторы, силовые конденсаторы. – 1978. – Вып. 6. – С. 11-12. **10. Рудаков В.В., Покладов О.В., Кравченко Ю.В.** Расчет электрического поля системы плоских электродов с твердым диэлектриком // Электротехника і електромеханіка. – 2006. – № 4. – С. 72-75. **11. Рудаков В.В.** Оптимизация конструкции конденсатора // Техническая электродинамика. – 1996. – № 5. – С. 6-9. **12. Бржезицкий В.О., Исакова А.В., Рудаков В.В. та ін.** Техніка і електрофізика високих напруг: Навч. посібник / За ред. В.О.Бржезицького та В.М.Михайлової. – Харків: НТУ «ХПІ» – Торнадо, 2005. – 930 с.

Поступила в редколлегию 27.11.2007

УДК 622.24.537.528

О.Н.СИЗОНЕНКО, докт.техн.наук; **Э.И.ТАФТАЙ**;

Р.И.МАЛАЯ; Р.П.КОЛМОГорова;

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АГРЕГАТИВНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫСОКОУСТОЙЧИВЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Наведено результати експериментальних досліджень впливу способів електророзрядної дії на агрегативну стійкість високостійких водонафтових емульсій. Встановлено закономірності зв'язу параметрів дії зі зміною агрегативної стійкості емульсій.

The results of experimental researches of influence of electric discharge methods on the demulsification of gravitational stability of highly stable water-oil emulsion are given. Conformities to the law of influence parameter association with the change of gravitational stability demulsification of emulsions are found.

Постановка задачи. Возрастающие требования к качеству материалов и значительные трудности промышленной реализации воздействия на высокоустойчивые эмульсии (сложность аппаратурного оформления, недолговечность отдельных узлов и пр.) наряду с расширением областей применения таких сред, требуют поиска новых научных решений в разработке методов управления их физико-химическими свойствами.

Особую актуальность представляют проблемы, связанные с утилизацией нефтесодержащих отходов. Эти проблемы вызваны широким применением высокоэффективных химических и физико-химических технологий увеличения нефтеотдачи пластов. Такие технологии основываются на использовании поверхностно-активных веществ, которые способствуют формированию мелкодисперсных высокоустойчивых эмульсий, осложняющих процессы подготовки нефти. Высокоустойчивые нефтяные эмульсии, загрязненные механическими примесями, при отделении воды от нефти на установках подготовки нефти концентрируются в промежуточных слоях и выводятся в специальные амбары-накопители. Такие мелкодисперсные высокоустойчивые эмульсии «ловущечные нефти» не поддаются расслоению даже в современных электродегидраторах.

Проведенный мониторинг разработок ведущих фирм США, Англии, Японии, России и др. показал, что в настоящее время наиболее широко используются такие способы воздействия на высокоустойчивые эмульсии как седиментационный, химический, центрифугирование и электрические. Однако все они обладают рядом недостатков, которые в конечном итоге не позволяют деэмульгировать высокоустойчивые эмульсии с высокой соленостью дисперсной фазы. Поэтому можно констатировать, что нет достаточно эффективных методов воздействия на высокоустойчивые эмульсии, позволяющих без изменения исходного химического состава среды снижать вязкость и ослаблять взаимодействие между структурообразующими компонентами, увеличивать степень дисперсности твердых включений, ослаблять коллоидную систему и, в конечном итоге, регулировать их свойства.

Работы [1-4] показали принципиальную возможность изменения физико-химических свойств различных дисперсных систем при электроразрядном воздействии. Эти работы указывают на перспективность использования импульсного электроразрядного воздействия как для разрушения бронирующих оболочек глобул воды и ускорения процессов коагуляции водной фазы и ослабления коллоидной системы высокоустойчивых эмульсий, так и для ускорения процессов гомогенизации эмульсий и создания высокоустойчивых систем.

Цель настоящей работы – исследовать влияние способов электроразрядного воздействия на агрегативную устойчивость высокоустойчивых эмульсий.

Методика эксперимента. Исследования влияния способов электроразрядного воздействия на агрегативную устойчивость высокоустойчивых эмульсий проводились на экспериментальном стенде, представленном на рис. 1.

Для исследований были использованы способы электроразрядного воздействия, которые позволяют формировать между электродами и приклады-

вать к эмульсии импульсы напряжения - униполярные, знакопеременные, регулируемые по длительности и скорости ввода энергии, с разными амплитудными значениями напряженности поля и частотой следования импульсов, с одновременным наложением постоянных и импульсных полей. Перечисленные способы электроразрядного воздействия с соответствующими вариациями характеристик полей были реализованы с помощью различных схем.

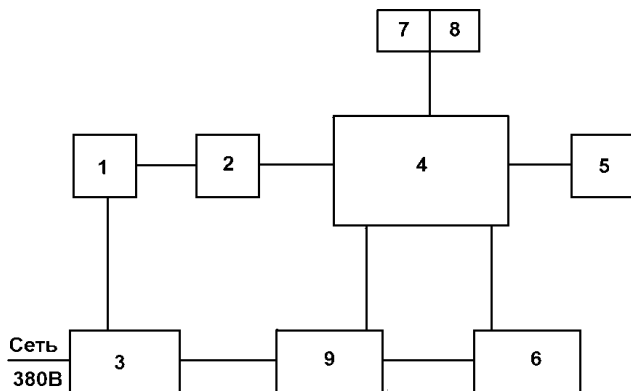


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментального стенда:

1 – автотрансформатор РТТ-25/0,5; 2 – высоковольтный трансформатор-выпрямитель ВТМ-20/50-72; 3 – щит управления; 4 – электроразрядная схема; 5 – рабочая камера; 6 – измерительный комплекс; 7, 8 – электроблокировки; 9 – пульт управления

Способ электроразрядного воздействия с высокой скоростью ввода энергии и длительностью фронта импульса воздействия примерно $1 \cdot 10^{-6}$ с, реализовывался электрической схемой, приведенной на рис. 2. Этой схемой, имеющей небольшую индуктивность в разрядной цепи (примерно 6 мкГн), обеспечивались амплитудные значения напряженности поля от $0,3 \cdot 10^6$ до $1,2 \cdot 10^6$ В/м и токи через эмульсию от единиц до сотен ампер.

Способ электроразрядного воздействия на эмульсии чередующимися импульсами реализован с помощью электрической схемы (№ 2), приведенной на рис. 3. В этом способе в начале импульсы формировались в течение времени заряда накопительной емкости, их длительность изменялась от долей до единиц секунд при значениях тока менее одного ампера, а напряженности электрического поля были менее предельных ($E_{пр}$). А после того, как накопительная емкость заряжалась, происходил процесс ее разряда и на эмульсию воздействовали импульсы противоположной полярности с высокой скоростью ввода энергии. Предельное значение напряженности электрического поля ($E_{пр}$) для каждой эмульсии различно и соответствует напряженности электрического поля, при котором дальнейшее плавное повышение

напряжения на электродах практически не приводит к повышению напряженности поля в эмульсии из-за значительного снижения ее активного сопротивления. Схема (№ 2), приведенная на рис. 3 отличается от схемы (№ 1), приведенной на рис. 2 взаимной сменой расположения воздушного разрядника и накопительной емкости.

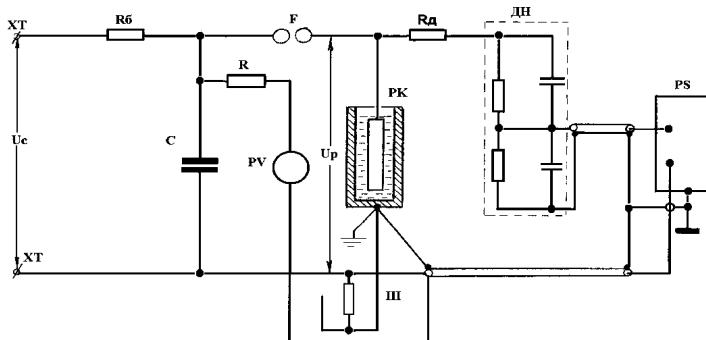


Рисунок 2 – Электрическая схема № 1:

U_c – напряжение источника питания; $R_б$ – балластный резистор (от 0,109 до 200 МОм); F – разрядник; C – рабочая емкость (0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4 ; 0,8 мкФ); U_p – рабочее напряжение(30,5; 22,5; 15; 12; 10; 7,5 кВ); R – токоограничивающий резистор; PV – киловольтметр; $Ш$ – коаксиальный шунт; $ДН$ – делитель напряжения; PK – рабочая камера (технологический узел); PS – осциллограф; R_d – демпфирующий резистор

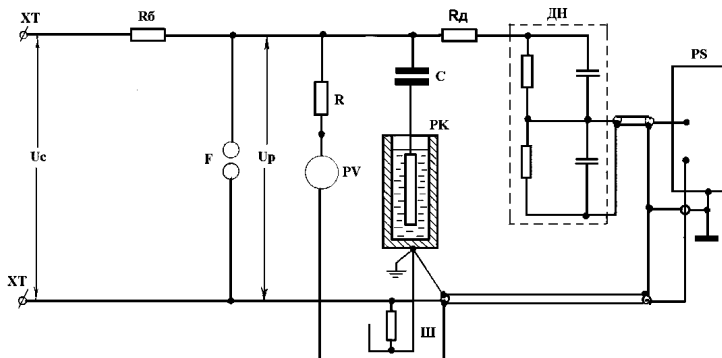


Рисунок 3 – Электрическая схема № 2:

U_c – напряжение источника питания; $R_б$ – балластный резистор; C – рабочая емкость (0,05; 0,6 мкФ); U_p – рабочее напряжение(30,5; 22,5 кВ); R – токоограничивающий резистор; PV – киловольтметр; $Ш$ – коаксиальный шунт; $ДН$ – делитель напряжения; PK – рабочая камера (технологический узел); PS – осциллограф; F – разрядник; R_d – демпфирующий резистор

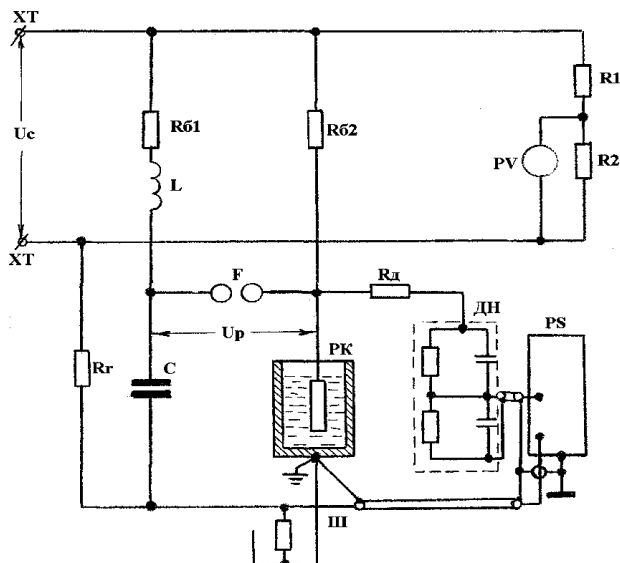


Рисунок 4 – Электрическая схема № 3:

U_c – напряжение источника питания; U_p – рабочее напряжение (30,5; 22,5 кВ); R_{61} – набор балластных резисторов; R_{62} – набор балластных резисторов в цепи подпитки; $R1, R2$ – резисторы делителя напряжения; R_d – демпфирующий резистор; R_r – развязывающий резистор; PV – киловольтметр; C – рабочая емкость (0,05; 0,6 мкФ); R – токоограничивающий резистор; III – коаксиальный шунт; DH – делитель напряжения; PK – рабочая камера (технологический узел); PS – осциллограф; L – индуктивность 680 мкГн; F – разрядник

Способ электроразрядного воздействия при непрерывном воздействии на эмульсию постоянным электрическим полем (менее $E_{пр}$), при токах через нее со значениями от десятков до сотен миллиампер с наложением импульсного воздействия с высокой скоростью ввода энергии был реализован электрической схемой № 3, приведенной на рис. 4. Отличие схемы № 3 (см. рис. 4) от схемы № 1 (см. рис. 2) в том, что в схему введен балластный резистор, через который осуществляется подача постоянного напряжения от высоковольтного источника на разрядную камеру.

Способ электроразрядного воздействия на эмульсию импульсами, для которых скорость нарастания фронта импульса изменялось от единиц до десятков микросекунд, длительность импульса составляла десятки и сотни микросекунд, амплитудные значения напряженности поля задавались от $1,2 \cdot 10^6$ до $0,3 \cdot 10^6$ В/м, амплитудные значения тока составляли доли килоампера, а форма импульса изменялась от аperiodической (униполярной) до колебательной, осуществлялся с помощью индуктивного токоограничения

(электрическая схема № 4, приведенная на рис. 5). Отличием данной электрической схемы от схемы № 1, приведенной на рис. 2 является введение в разрядную цепь сменной индуктивности.

Для исследований были выбраны три вида нефтей (табл. 1), которые, согласно [5] классифицируются как нефти:

- со средней плотностью ($840 \text{ кг/м}^3 < \rho \leq 880 \text{ кг/м}^3$);
- тяжелые с высокой плотностью ($880 \text{ кг/м}^3 < \rho \leq 920 \text{ кг/м}^3$);
- очень тяжелые, с весьма высокой плотностью ($\rho > 920 \text{ кг/м}^3$).

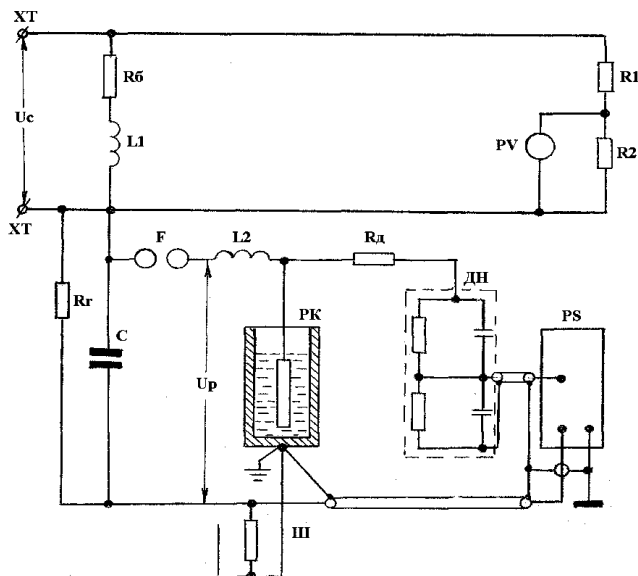


Рис. 5 - Электрическая схема № 4:

U_c – напряжение источника питания; U_p – рабочее напряжение (30,5; 22,5 кВ); R_6 – набор балластных резисторов; R_1, R_2 – резисторы делителя напряжения; R_d – демпфирующий резистор; R_r – развязывающий резистор; PV – киловольтметр; C – рабочая емкость (0,05; 0,6 мкФ); R – токоограничивающий резистор; Π – коаксиальный шунт; ДН – делитель напряжения; ПК – рабочая камера (технологический узел); PS – осциллограф; L_1 – индуктивность в цепи заряда рабочей емкости; L_2 – индуктивность в цепи разряда рабочей емкости ($L_2' = 0,63 \text{ мГн}$, $L_2'' = 10 \text{ мГн}$, $L_2''' = 94 \text{ мГн}$); F – разрядник

На основе нефтей, представленных в таблице 1, готовились высокоустойчивые эмульсии, характеристики которых приведены в таблице 2. Эти эмульсии являются эмульсиями обратного типа, величина глобул полярной жидкости (воды в нефти) близка к размеру коллоидных частиц и составляет около 10 мкм.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики нефтей

№ нефти	ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕФТИ			
	Обводненность, O , %	Плотность при 50°C , $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$	Кинематическая вязкость при 60°C , 10^{-6} , $\text{м}^2/\text{с}$	Солесодержание, %
1 – нефть Павловского месторождения, Россия, Пермская обл.	безводная	957	38,80	–
2 – нефть Малодевицкого месторождения, Украина, Черниговская обл.	24	876	7,18	35
3 – нефть Каражанбасского месторождения, Казахстан	безводная	925	22,50	–

Таблица 2 – Физико-химические характеристики эмульсий

Характеристики	Эмульсии		
	№ 1	№ 2	№ 3
Солесодержание, %	15	30	15
Обводненность, %	25	25,6	25
Кинематическая вязкость при температуре 60°C , $\text{мм}^2/\text{с}$	40,49	7,18	26,07
Удельная проводимость дисперсной фазы, $\text{Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$	3,21	5,208	3,21
Плотность эмульсии при температуре 50°C , $\text{г}/\text{см}^3$	0,995	0,934	0,971

Основная часть. Первый способ электроразрядного воздействия, обеспечивает высокую скорость ввода энергии и реализуется при подаче высокого напряжения на зажимы ХТ (см. рис. 2) через балластный резистор. При этом происходит накопление заряда в рабочей емкости и рост напряжения на его обкладках. Воздушный искровой разрядник настроен на рабочее напряжение и при достижении этого напряжения на емкости происходит пробой разрядника и это напряжение прикладывается к электродам рабочей камеры. Данный способ воздействия на агрегативную устойчивость нефтяных эмульсий был исследован на эмульсиях № 1 и № 3 (см. табл. 2). Суммарное количество энергии приложенной к эмульсиям варьировалось от 2,5 до 90 кДж, при частоте следования импульсов воздействия от 1 до 3 импульсов в секунду, рабочее напряжение составляло 30,5 кВ, а емкость $C = 0,05$ мкФ. Посте-

пенно наращивая количество импульсов, воздействующих на эмульсию, от нескольких сотен до нескольких тысяч контролировалась ее остаточная обводненность методом Дина и Старка [6, 7]. Так при числе импульсов $n = 4500$ и суммарной энергии 90 кДж – остаточная обводненность эмульсии №1 составила $O_1 = 6,5 \%$.

А при тех же параметрах импульсного воздействия на эмульсию № 3, частичное обезвоживание произошло уже при 220 импульсах и суммарной энергии 4,95 кДж, остаточная обводненность при этом составила $O_1 = 12,2 \%$. Это можно объяснить различиями физико-химических свойств эмульсий № 1 и № 3, что приводит к значительным отличиям в вольтамперных зависимостях данных эмульсий, представленных на рисунке 6. Напряжение, при котором в эмульсии № 3 образуются цепочки из дисперсной фазы, обуславливающие возрастание тока через эмульсию, значительно ниже, чем для эмульсии № 1, поэтому разложение эмульсии № 3 происходит при меньших затратах энергии.

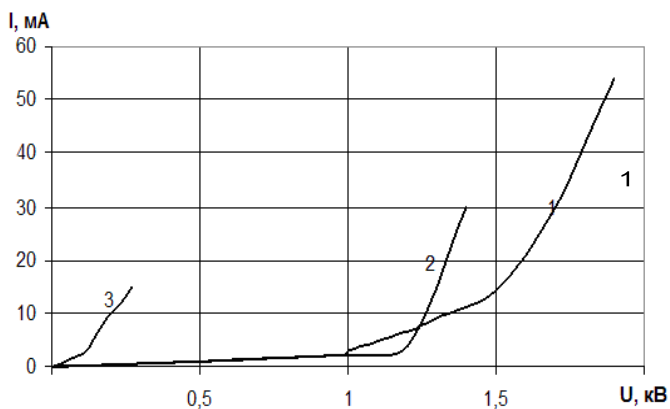


Рис. 6 – Зависимость тока через эмульсию от напряжения на межэлектродном промежутке: 1 – эмульсия № 1; 2 – эмульсия № 2; 3 – эмульсия № 3

Как показали результаты экспериментов, электрические поля с напряженностью, превышающей $E_{пр}$ в импульсном режиме, вызывают резкое увеличение коагуляции и приводят к изменению формы разрядного напряжения. Это хорошо наблюдается при осциллографировании формы кривой разряда накопительной емкости на эмульсию (см. рис. 7). Буквально начиная с первых импульсов воздействия видно уменьшение постоянной времени разряда накопительной емкости на все исследуемые типы эмульсий. Это указывает на снижение электрического сопротивления эмульсии под воздействием импульсов высокого напряжения.

При этом ток через эмульсию увеличивается, что связано с возрастани-

ем количества и длины цепочек из глобул высокопроводящей дисперсной фазы и уменьшением сопротивления. Такое снижение сопротивления характерно для исследуемых эмульсий до тех пор, пока количество и длина цепочек из дисперсной фазы не замкнут межэлектродный промежуток в эмульсии. Возникновение проводящих мостиков при обработке эмульсии соответствует времени, когда кривая разряда емкости на эмульсию при осциллографировании начинает переходить в область отрицательных значений напряжений. С этого момента при дальнейшей обработке начинает проявляться колебательный характер разряда. Как отмечалось выше, это приводит к непроизводительной потере энергии накопителя и одновременно с коалесценцией глобул воды может происходить и их разрушение (диспергирование). Следовательно, с этого момента необходимо снижать напряженность электрического поля до такого уровня, при котором бы на осциллограммах регистрировались аperiodические (униполярные) формы кривой разряда накопителя.

Параметры и режимы способа электроразрядного воздействия на эмульсии чередующимися импульсами, реализуемого при помощи электрической схемы №2 (рис. 3), представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Параметры воздействия и режимы обработки эмульсии № 1 при использовании способа по электрической схеме № 2

№ опыта	C, мкФ	U _p , кВ	n, разрядов	O ₁ , %	f, Гц	W _Σ , кДж
1	0,05	30,0	100	25	2	2,25
2	0,05	30,0	1000	25	2	22,5
3	0,05	30,0	2000	25	2	45
4	0,05	30,0	4000	9	2	90
5	0,4	15,0	1000	6,2	20	45
6	0,4	15,0	2000	5,0	20	90
7	0,4	15,0	2900	3,0	20	130,5

Из табл. 3 видно, что электроразрядное воздействие на эмульсию № 1 чередующимися импульсами, формируемыми в течение времени заряда накопительной емкости при среднедействующем значении напряженности электрического поля $0,8 \cdot 10^5$ В/м и разрядными импульсами с временем ввода энергии порядка 10^{-6} с противоположной полярности при высоких амплитудных значениях напряженностей поля ($\sim 1,2 \cdot 10^6$ В/м), как и в предыдущем способе и при той же суммарной энергии 90 кДж, не оказало влияния на агрегативную устойчивость эмульсии. При снижении в 2 раза амплитудных значений напряженностей электрического поля и увеличении более чем в 2 раза длительности импульса при значительно меньшем количестве разрядов,

но том же значении суммарной энергии 90 кДж произошло усиление процессов коагуляции водной фазы и как следствие, снижение остаточной обводненности до 5 %.

Сравнивая результаты двух электроразрядных способов воздействия на эмульсии (электрические схемы № 1 и № 2) видно, что при 4000 разрядов существенных различий в деэмульгировании высокоустойчивых эмульсий нет.

Результаты исследования способа электроразрядного воздействия, путем приложения к эмульсии постоянного электрического поля при токах через эмульсию от десятков до сотен миллиампер с наложением на него импульсного воздействия с высокой скоростью ввода энергии приведены для эмульсии из нефти № 1 в табл. 4. В отличие от предыдущего способа, реализованного электрической схемой № 2 (см. рис. 3), в этом способе к межэлектродному промежутку постоянно прикладывалось постоянное напряжение 1,8 кВ от того же источника питания через токоограничивающий резистор (см. рис. 4).

Таблица 4 – Параметры электроразрядного способа воздействия и режимы обработки эмульсии № 1 при использовании электрической схемы №3

№ опыта	C, мкФ	U _p , кВ	n, разрядов	O ₁ , %	f, Гц	W _Σ , кДж
1	0,05	30	1516	8,5	3	34,11
2	0,05	30	2000	6,6	8,5	45

Одновременно на этот же промежуток подавались импульсы напряжения при разряде емкости, которая заряжалась от ВТМ 20-50. При этом ток и напряжение от источника постоянного напряжения и от разряда емкости складывались, так как были одной полярности. Индуктивность разрядной цепи при разрядах составляла примерно 6 мкГн.

Эти эксперименты показали, что одновременное приложение к высокоустойчивой эмульсии в процессе обработки постоянного напряжения не высокой напряженности ($E = 0,7 \cdot 10^5$ В/м) и импульсного напряжения высокой напряженности ($E = 1,2 \cdot 10^6$ В/м) привело к положительному результату и по сравнению с предыдущим способом (см. табл. 3), при одних и тех же параметрах разрядной цепи (C, U_p, n) обеспечило большую эффективность, учитывая значительное снижение затраченной электрической энергии.

Исследования способа электроразрядного воздействия на эмульсию импульсами (см. рис. 4), для которых скорость нарастания фронта импульса изменялось от единиц до десятков микросекунд, длительность импульса составляла десятки и сотни микросекунд, амплитудные значения напряженности поля задавались от $1,2 \cdot 10^6$ до $0,3 \cdot 10^6$ В/м, амплитудные значения тока составляли доли килоампера, а форма импульса изменялась от аperiodиче-

ской (униполярной) до колебательной выполнялись при различных индуктивностях.

Индуктивность L_2 изготавливалась 3-х номиналов – $L_2' = 0,63$ мГн, $L_2'' = 10$ мГн, $L_2''' = 94$ мГн. Результаты обработки эмульсии из нефти № 2 по этому способу, реализуемому схемой № 4 приведены в табл. 5.

Из таблицы видно, что с увеличением индуктивности в разрядной цепи и ростом количества вложенной в межэлектродный промежуток энергии остаточная обводненность снижается. Зависимость остаточной обводненности от количества вложенной энергии представлены на рис. 8 (опыты 4, 5, 6 из таблицы 5). Как видно из графика существует прямая зависимость остаточной обводненности от количества вложенной в эмульсию энергии.

Таблица 5 – Параметры электрической схемы № 4 и режимы обработки эмульсии № 2

№ опыта	C, мкФ	U _p , кВ	n, разрядов	L, мГн	f, Гц	O ₁ , %	W _Σ , кДж
1	0,2	15	4000	0,63	0,5	10,5	90
2	0,2	15	4000	94	0,5	9,5	90
3	0,2	15	6000	10	4	4,5	135
4	0,8	7,5	4350	10	4	8,5	97,8
5	0,8	7,5	6000	10	4	4,0	135
6	0,8	7,5	8000	10	4	3,5	180

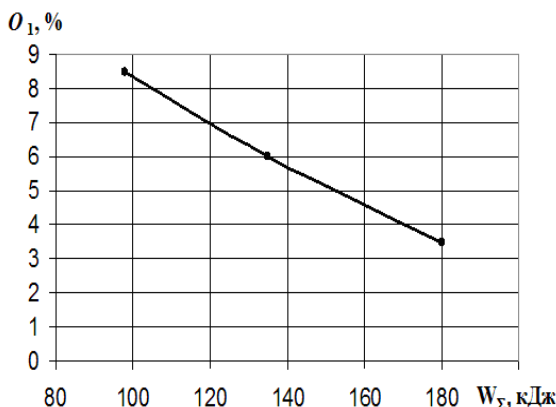


Рисунок 8 – Зависимость остаточной обводненности эмульсии № 2 от количества электрической энергии вложенной в эмульсию

При использовании дополнительной индуктивности осуществлялась попытка с одной стороны резко ограничить ток при пробое межэлектродного промежутка в рабочей камере, а с другой стороны изменить (уменьшить) ам-

плитудное значение напряженности электрического поля в эмульсии относительно напряжения на разряднике и увеличить время приложения к эмульсии разрядного тока и напряжения. Такой способ воздействия на высокоустойчивую эмульсию оказался наиболее эффективным. Установлено, что наиболее глубокое нарушение агрегативной устойчивости наблюдается при создании униполярного импульса с временем нарастания фронта от 20 до 30 мкс и длительностью импульса от 600 до 700 мкс. При дальнейшем увеличении длительности импульса наблюдаются частичные пробой эмульсии, переход кривой через нулевую линию, искажение формы импульса и снижение амплитуды.

Выводы. Из исследуемых электроразрядных способов воздействия на высокоустойчивые эмульсии наиболее глубокие нарушения агрегативной устойчивости получены при воздействии на эмульсию униполярными импульсами со скоростью нарастания фронта импульса от единиц до десятков микросекунд и длительностью импульса от десятков до сотен микросекунд. При этом достаточно эффективными оказались амплитудные значения напряженности поля от $0,3 \cdot 10^6$ до $1,2 \cdot 10^6$ В/м, а амплитудные значения тока составляли доли килоампера.

Такие условия наиболее эффективного воздействия на процессы коагуляции высокопроводимой дисперсной фазы высокоустойчивой эмульсии реализуются электроразрядным способом с индуктивным токоограничением.

Список литературы: 1. Круглицкий Н.Н., Горовенко Г.Г., Малюшевский П.П. Физико-химическая механика дисперсных систем в сильных импульсных полях. – Киев: Наукова думка, 1983. – 154 с. 2. Пат. 67828 Украина, С 10 L 1/32. Способ обработки высоковязкого топлива / О.Н.Сизоненко, И.С.Швец, Л.С.Дыхта, А.Ф.Головащенко (Украина). – №2001096173; Заявлено 15.03.2004; Опубликовано 15.07.2004. – Бюл. № 7. – 2 с. 3. Сизоненко О.Н., Тафтай Э.И., Ткаченко А.К., Швец И.С. Особенности электроразрядного воздействия на высоковязкие среды // Электронная обработка материалов. – 2004. – № 6. – С. 37-43. 4. Сизоненко О.Н., Тафтай Э.И., Ткаченко А.К., Швец И.С. Влияние электроразрядного воздействия на физико-химические свойства высоковязких сред // Національний університет кораблебудування: Збірник наукових праць. – Миколаїв, 2004. – № 1. – С. 154-162. 5. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. – М.: Недра, 1975. – 515 с. 6. Боровая М.С. Лаборант нефтяной и газовой лаборатории. – М.: Недра, 1968. – 308 с. 7. ГОСТ 2477-65. Нефтепродукты. Метод определения содержания воды. – Переизд. Апр. 1982 с изм.1. – Взамен ГОСТ 1044-41 и ГОСТ 2477-44; Введ. 01.01.66 до 01.01.90; Снято ограничение срока действия // ГОСТ 14921-78 и др. Нефтепродукты. Методы испытаний. – М., 1987. – С.217-223.

Поступила в редколлегию 21.11.2007